

B45



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : B21D</p>	A2	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/32327</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. Juni 2000 (08.06.00)</p>		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/09758</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 1. Dezember 1999 (01.12.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>198 55 468.0</div> <div>1. Dezember 1998 (01.12.98)</div> <div>DE</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>199 00 597.4</div> <div>11. Januar 1999 (11.01.99)</div> <div>DE</div> </div> </p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MEYER, Rudolf [DE/DE]; Bruno-Taut-Ring 167, D-39130 Magdeburg (DE). EICHMANN, Michael [DE/DE]; Egerländerstrasse 37, D-40822 Mettmann (DE).</p> <p>(74) Anwalt: PFENNING MEINIG & PARTNER GBR; Kurfürstendamm 170, D-10707 Berlin (DE).</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></p> </td> </tr> </table>			<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/09758</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 1. Dezember 1999 (01.12.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>198 55 468.0</div> <div>1. Dezember 1998 (01.12.98)</div> <div>DE</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>199 00 597.4</div> <div>11. Januar 1999 (11.01.99)</div> <div>DE</div> </div> </p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MEYER, Rudolf [DE/DE]; Bruno-Taut-Ring 167, D-39130 Magdeburg (DE). EICHMANN, Michael [DE/DE]; Egerländerstrasse 37, D-40822 Mettmann (DE).</p> <p>(74) Anwalt: PFENNING MEINIG & PARTNER GBR; Kurfürstendamm 170, D-10707 Berlin (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/09758</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 1. Dezember 1999 (01.12.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>198 55 468.0</div> <div>1. Dezember 1998 (01.12.98)</div> <div>DE</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div>199 00 597.4</div> <div>11. Januar 1999 (11.01.99)</div> <div>DE</div> </div> </p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MEYER, Rudolf [DE/DE]; Bruno-Taut-Ring 167, D-39130 Magdeburg (DE). EICHMANN, Michael [DE/DE]; Egerländerstrasse 37, D-40822 Mettmann (DE).</p> <p>(74) Anwalt: PFENNING MEINIG & PARTNER GBR; Kurfürstendamm 170, D-10707 Berlin (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></p>			
<p>(54) Title: SHEET FORMING TOOL AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME</p> <p>(54) Bezeichnung: BLECHUMFORMUNGSWERKZEUG UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG</p> <p>(57) Abstract</p> <p>The invention relates to a method for producing sheet forming tools. Starting with a three-dimensional volume model of said sheet forming tool, the three-dimensional co-ordinates of the model surface are generated, the volume model is separated into layers and the respective contour co-ordinates are determined for these volume elements using the three-dimensional co-ordinates of the model surface. Either layers of paper and/or plastic films are stuck successively on top of each other and the respective layers corresponding to the volume elements are cut using a cutting tool, or a working chamber is filled with a plastic powder which is evenly distributed in layers according to the volume elements and said plastic powder is then sintered using a laser beam that is guided over the layer of plastic powder, joining it to the preceding sintered layer. The cutting tool or the laser beam are controlled with the contour co-ordinates allocated to the respective volume elements in order to carry out the sintering process.</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Es wird ein Verfahren zur Herstellung von Blechumformungswerkzeugen vorgeschlagen, bei dem ausgehend von einem dreidimensionalen Volumenmodell des Blechumformungswerkzeuges die dreidimensionalen Koordinaten der Modelloberfläche erzeugt werden, das Volumenmodell in Schichten zerlegt wird und für die Volumenelemente unter Verwendung der dreidimensionalen Koordinaten der Modelloberfläche die jeweiligen Konturkoordinaten bestimmt werden. Dabei werden entweder Schichten aus Papier und/oder Kunststofffolien nacheinander übereinander geklebt und jeweils die den Volumenelementen entsprechenden Schichten mittels eines Schneidwerkzeuges geschnitten, oder Kunststoffpulver wird entsprechend den Volumenelementen schichtweise gleichmäßig verteilt in einen Arbeitsraum gefüllt und durch einen über die Kunststoffpulverschicht geführten Laserstrahl versintert und mit der vorhergehenden versinterten Schicht verbunden. Das Schneidwerkzeug oder der Laserstrahl werden zum Versintern von den den jeweiligen Volumenelementen zugeordneten Konturkoordinaten gesteuert.</p>				

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire			PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

**Blechumformungswerkzeug und Verfahren zu
seiner Herstellung**

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung
von Blechumformungswerkzeugen und das Blechumformungswerkzeug selbst.

10 Der grundlegende Verfahrensablauf bei der Blechumformung ohne Erwärmung liegt darin, daß ein Blech zwischen ein formspeicherndes/abbildendes Blechumformungswerkzeug, das aus einem Ober- und einem Unterwerkzeug besteht, eingelegt wird, daß eine äußere Kraft auf das Umformwerkzeug und/oder das Umformausgangsteil aufgebracht wird, die das Fließen des
15 Materials und seine plastische Verformung in die durch die Werkzeug-Form vorgegebene Gestalt gebracht wird. Neben den ebenen Ausgangsmaterialien, d.h. Blechen im herkömmlichen Sinne, können auch gebogene Ausgangsmaterialien, wie Rohre, Hohlprofile u.ä.,
20 verwendet werden. In der Umformtechnik werden die

eingesetzten Ausgangsmaterialien neben ihrer werkstofflichen Gruppierung entsprechend ihrer Herstellung und Eigenschaften zu unterschiedlichen Stählen (Baustähle, hoch- und höchstfeste Stähle, Vergütungsstähle, usw.) und Nichteisenmetallen (Aluminium und Aluminium-Legierungen, Nickel und Nickel-Legierungen, usw.) weiterhin entsprechend ihrer Dicke unterschieden, nämlich in:

10 warmgewalzte Bleche oder Bänder, Dicke 3 bis 16 mm;
kaltgewalzte Feinbleche oder Bänder, Dicke < 3 mm;
Feinstbleche, Dicke 0,49 bis 0,15 mm.

15 Die verwendeten Werkstoffe der aktiven Umformwerkzeugelemente (Stempel und Matrize) und der fixierenden Hilfselemente (Niederhalter, Werkstückaufnahme) sind traditionell hauptsächlich höherfeste Stahlwerkstoffe, z.B. Werkzeugstähle. Stahlwerkstoffe bieten eine ideale Voraussetzung, den unterschiedlichsten Beanspruchungen durch die Wahl von beanspruchungsgerechten Materialzusammensetzungen und die Kombination entsprechender Legierungen gerecht zu werden. Gezielte Wärmebehandlung, zumeist zwischen den mechanischen Prozessen der Werkzeugbearbeitung und Oberflächenveredelungen sind weitere Verfahren der Prozeßkette, die eine Verbesserung der Eigenschaften bewirken.

30 In der Phase der Entwicklung der Blechumformwerkzeuge bis zu Erreichung ihrer Serienreife kommen zur Senkung der Entwicklungsaufwände häufig auch andere preiswerte Werkzeugwerkstoffvarianten, z.T. nichtmetallische Werkstoffe zur Anwendung, deren

Herstellungsprozesse wegen der Realisierung formspeichernder Werkzeugkonturen aber ähnlich aufwendig sind wie die der Serienwerkzeuge.

5 Die Art der Herstellung der formspeichernden Werkzeugkonturen ist vor allem abhängig von deren geometrischer bzw. Formkompliziertheit. Einfache Formen werden in der Regel mechanisch durch Drehen und Fräsen hergestellt. Kompliziertere Formen müssen
10 durch Formfräsen erzeugt werden. Als Vorlage dient bei einfachen Formen die Werkzeugzeichnung und die Qualität der Bearbeitung ist von der Fähigkeit des Bearbeiters abhängig. Kompliziertere Formen werden entweder von einem körperlichen Grund- bzw. Mustermodell, welches erst erzeugt werden muß, abgegriffen
15 oder die Bearbeitung ist bei Vorhandensein entsprechender Technik über CAD/CAM-Programme möglich. Dabei werden numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen verwendet, wobei die Steuerprogramme für
20 diese NC/CNC-Maschinen separat verstellt werden müssen. Derartige Metallwerkzeuge weisen eine hohe Dichte und statische Festigkeit, so daß die Umformbelastungen keine nennenswerte Stauchungen des Werkzeuges und damit verbundene geometrische Abweichungen des umzuformenden Blechteils verursachen
25 sowie das Erreichen einer hohen Lebensdauer auf. Die Entwicklung und Herstellung von Blechumformwerkzeugen bedingen allerdings einen hohen Zeit- und Kostenaufwand.

30

Die Blechumformung gehört zu den dynamischen industriellen Produktionszweigen des Fahrzeugbaus, Maschinenbaus, Elektrotechnik und Elektronik, jedoch

auch in anderen Wirtschaftsbereichen. Insbesondere die Automobilindustrie versucht den Zwängen einer wirtschaftlichen Verwendung von Energie und Rohstoffen unter Nutzung von umformenden Verfahren mit hoher Produktivität zur Dämpfung des Kostenanstiegs gerecht zu werden. Diese Bemühungen sind besonders in der Verwirklichung eines optimierten Leichtbaus und damit der stärkeren Anwendung von Ausgangsmaterialien aus Blech zu erkennen. In dem Bemühen, dem Anforderungsprofil gerecht zu werden, müssen die Prämissen schneller und kostengünstiger bei gleicher oder besserer Qualität erfüllt werden. Hieraus leitet sich die Notwendigkeit ab, die Prozeßkette bis zur Einführung eines Produktes deutlich zu verkürzen. Weiterhin ziehen die kürzer werdenden Innovationszyklen eine kürzere Produktlebensdauer und damit eine sinkende Serienstückzahl nach sich. Daraus resultiert die Notwendigkeit von kurzfristigen Änderungen, d.h. Kleinserien steigen in ihrer Bedeutung. Die hohe Lebensdauer der vorhandenen, traditionell gefertigten Werkzeuge wird unter diesen Bedingungen nicht ausreichend erschöpft und der zur Erzeugung aufgebrachte Aufwand ist dann nicht angemessen sondern deutlich überzogen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Blechwerkzeugen und das Blechwerkzeug selbst zu schaffen, die geringere Herstellungsaufwände und -kosten verursachen, dennoch aber für eine begrenzte Fertigungsstückzahl die volle Funktionalität aufweisen.

Im Stand der Technik sind etwa 20 unterschiedliche, sogenannte Rapid-Prototyping-Verfahren bekannt, mit denen schichtweise körperliche Prototypen unmittelbar aus dreidimensionalen CAD-Datenmodellen aufgebaut werden. Zu diesen Rapid-Prototyping-Verfahren zählen auch das sogenannte LOM-Verfahren (Laminated Object Manufacturing) und das selektive Lasersintern (SLS). Bei dem LOM-Verfahren werden schichtenweise feste, von einer Rolle abzuwickelnde Materialien wie Papier oder Kunststofffolien, die auf der Unterseite mit einem Kleber versehen sind, mittels Druck und Hitze aufeinander verklebt. Danach schneidet ein Laser das Material jeweils pro Schicht dort aus, wo Konturen entstehen sollen. Bei dem selektiven Lasersintern werden pulverförmige Metallwerkstoffe im Schichtenprinzip verarbeitet und schichtenweise durch Lasereinsatz versintert/verfestigt. Über das selektive Lasersintern lassen sich mittlerweile im Stand der Technik Werkzeuge und Formen aus Metall aufbauen, wobei ein Kupfer/Nickel- oder auch ein Chrom/Nickel/Stahl-Granulat verwendet wird. Auch ist das Lasersintern von Sandformen bekannt. Das LOM-Verfahren wird vorzugsweise im Modellbau eingesetzt.

Diese an sich bekannten Rapid-Prototyping-Verfahren können zur Lösung der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden.

Die Aufgabe der Erfindung wird gemäß dem Verfahren durch die Merkmale des Hauptanspruchs und durch ein Blechumformungswerkzeug mit den Merkmalen des nebengeordneten Anspruchs gelöst.

- Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen insbesondere in der schnellen und preiswerten Erzeugung des Blechumformungswerkzeuges auch bei geometrisch komplizierten Körpern. Dadurch kann
- 5 schnell auf Kundenwünsche und geänderte Marktsituationen reagiert werden. Weiterhin werden die Prozeßstufen reduziert und die wirtschaftlichen Grenzstückzahlen für die Blechumformung gesenkt. Durch die Ausnutzung von relativ großen Bauräumen
- 10 können größere Werkzeuge aus einem Stück hergestellt werden. Weiterhin können preiswerte Nichtmetallwerkstoffe eingesetzt werden.
- Durch die in den Unteransprüchen angegebenen
- 15 Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen möglich.
- Durch Einberechnung der Kompressibilität des Blechumformungswerkzeuges im fertigen Zustand, beispielsweise durch Stauchfaktoren in die Ausgangsdaten, können die geometrischen Abweichungen aufgrund des
- 20 Einflusses der unterschiedlichen Umformkräfte berücksichtigt werden.
- Durch Nachbearbeitung der Oberflächen, bzw. durch Oberflächenveredelung, werden die Fertigungstoleranzen verbessert, die geometrische Abbildung stabilisiert und die Standzeit erhöht. Die Lebensdauer des Blechumformwerkzeuges wird gleich-
- 25 falls durch Armierungen erhöht, die während der Fertigung oder in einem weiteren Prozeßschritt eingesetzt bzw. eingezogen werden.
- 30

Vorteilhafterweise können sowohl Blockwerkzeuge als auch modulare Werkzeuge und Verbundwerkzeuge mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden.

- 5 Im folgenden werden Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens und des erfindungsgemäßen Blechumformungswerkzeuges erläutert.

10 Zur Herstellung der Blechwerkzeuge wird von dreidimensionalen CAD-Volumenmodellen ausgegangen. Die Modelloberfläche wird mittels mathematischer Methoden, z.B. Dreieck- bzw. Triangulationsverfahren, koordinatenmäßig beschrieben.

15 Die 3D-Volumenmodelldaten werden entweder unmittelbar und direkt durch 3D-CAD-Modellierung des Blechwerkzeuges oder mittelbar durch 3D-CAD-Modellierung des herzustellenden Blechumformteils und nachfolgende 3D-Werkzeugmodelldatengenerierung erzeugt.

20 Wenn körperliche Modelle vorhanden sind, werden die 3D-Volumenmodelldaten komplett oder teilweise durch Abtasten, Vermessen und/oder Scannen des vorhandenen Werkzeugkörpermodells und nachfolgender 3D-CAD-Modelldatenaufbereitung und Flächenrückführung erzeugt bzw. durch Abtasten, Vermessen und/oder Scannen des vorhandenen Blechumformteilkörpermodells und nachfolgende 3D-CAD-Modelldatenaufbereitung des Blechumformwerkzeuges erzeugt. Dabei werden verfahrens- und maschinenspezifische Parameter, wie Blechdicke, Ziehspaltbreite, usw. berücksichtigt. Mit bekannten Berechnungsverfahren, die bei den Rapid-Prototyping-Systemen verwendet werden, wird das

25

30

dreidimensionale Volumenmodell des Werkzeuges in einzelne Volumenelemente (Slices), nämlich x-y Querschnitte mit fester oder variabler z-Koordinatenausdehnung zerlegt, wobei die dadurch entstehenden Konturkoordinaten und die Lage des Schichtvolumens bestimmt und in einer Steuervorrichtung gespeichert und zur Steuerung eines nachführbaren Lasers oder einer anderweitigen Schneideinrichtung verwendet werden.

Entsprechend der einen Alternative der Erfindung wird ein Laminierverfahren entsprechend dem bekannten LOM-Verfahren verwendet. Dabei ist eine Rolle vorgesehen, auf der ein abwickelbares Bogenmaterial mit einer einseitigen hitzeempfindlichen Kleberschicht aufgerollt ist. Als Bogenmaterial wird Papier bzw. Papierfolien und Kunststofffolien, die faserverstärkt sein können, verwendet. Als Beispiel für die Kunststofffolien sei glasfaserverstärkte Epoxidfolie genannt, anstelle des Epoxids können jedoch auch andere Kunststoffe verwendet werden. Die einseitige Kleberschicht ist beispielsweise ein Polyethylen bzw. ein polyethylenenthaltendes Material.

Das bogenartige Material wird von der Rolle abgerollt und mittels einer beheizten Andruckrolle auf schon vorhandene Schichten aufgeklebt. Ein von einer Lasereinrichtung ausgesandter Laserstrahl oder einer anderweitigen Schneideinrichtung, die von der die Konturkoordinaten der Volumenelemente enthaltenden Steuervorrichtung gesteuert wird, schneidet die jeweilige Materialschicht entsprechend den Werkzeugkonturen aus. Selbstverständlich können auch andere Laminierverfahren angewandt werden.

In einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens wird das Blechumformungswerkzeug durch selektives Lasersintern hergestellt. Dabei wird ein Kunststoffgranulat oder Kunststoffpulver, die vorzugsweise Polyamid beinhalten, schichtenweise in einen zylinderförmigen Arbeitsraum von einer Walze eingefüllt, der nach unten von einem beweglichen Stempel abgeschlossen ist, der jeweils entsprechend der Schichtdicke des jeweiligen Volumenelementes abgesenkt wird. Die von der Walze verteilte ebene Schicht des Kunststoffpulvers wird bis unterhalb des Schmelzpunktes erhitzt. Ein über einen mechanischen Scanner geführter Laserstrahl erhitzt das Pulver lokal auf Sintertemperatur und überstreicht, von den Daten der Steuereinrichtung gesteuert, die gesamte, innerhalb der Kontur des jeweiligen Volumenelementes liegende Fläche. Durch Absenken des Stempels werden die einzelnen Werkzeugschichten schrittweise erzeugt, wobei das entstehende Werkzeug während des Herstellvorganges durch das nicht verhärtete Pulver gestützt wird, das für folgende Prozesse wiederverwendet werden kann.

Der so hergestellte Werkzeugrohling ist grundsätzlich als Blechumformungswerkzeug einsetzbar, insbesondere dann wenn die Kompressibilität des Werkzeuges bei der Ermittlung der dreidimensionalen Koordinatendaten berücksichtigt wurde, d.h. daß sich das Werkzeugmaterial aufgrund begrenzter Dichte zusammenpreßt, wobei der Verdichtungsfaktor bzw. Stauchungsfaktor abhängig von der Umformkraft, von der Kräfteverteilung, von der Größe des Werkstücks, von der Art des zu pressenden Werkstücks und dergleichen abhängt.

Aufgrund dieser Stauchung würde eine geometrische Abweichung im Werkzeug auftreten, d.h. einem Vergleich zum Metallwerkzeug geometrisch gleich gestaltetes Werkzeug nach dem erfindungsgemäßen Verfahren würde bei Blechumformung zu Blechteilen mit anderen als gewünschten geometrischen Merkmalen führen. Dieses wird dadurch berücksichtigt, daß von vornherein das Blechumformungswerkzeug "größer" gebaut wird, wobei "Stauchfaktoren", die unterschiedlichen zur Stauchung führenden Parameter berücksichtigen, vorher ermittelt werden müssen und in die Koordinaten miteingerechnet werden müssen.

Eine andere Möglichkeit zur Verringerung der Kompressibilität liegt in der Verfestigung des durch Lasersintern oder durch Laminierung hergestellten Werkzeugkörpers. Dies kann beispielsweise durch Tränken und/oder Infiltrieren des Werkzeugkörpers mit flüssigen chemischen Substanzen, wie Harzen oder dergleichen geschehen, die in den Werkzeugkörper eindringen und dann aushärten. Dabei wird bei dem im Laminierverfahren hergestellten Werkzeugkörper die chemische Substanz nicht den Werkzeugkörper vollständig durchdringen, sondern sie wird nur einige Millimeter in das Werkzeug eindringen, so daß sich eine Randzonenverfestigung bildet. Bei dem im Sinterverfahren hergestellten Werkzeugkörper ist ein Infiltrieren durch den gesamten Körper möglich.

Die härtenden Substanzen, die auch pulverförmig sein können, können auch durch andere Einbringungsarten in den Werkzeugkörper gebracht werden.

Eine weitere Ausführungsform der Verfestigung des Werkzeugkörpers besteht in der Versteifung durch Armierungen. Solche Armierungen können beispielsweise in Form von Drähten, Gittern oder Stäben realisiert sein, die während des Laminier- und Sinterverfahrens eingebracht oder nachträglich am fertigen Werkzeugkörper eingezogen werden. Während des Herstellungsverfahrens des Werkzeugkörpers ist es denkbar, daß Drähte oder Gitter bzw. Geflechte zwischen, bzw. in die Schichten eingelegt werden und mit diesen verklebt werden. Nachträglich können vorzugsweise Stäbe eingezogen werden, wobei in den Werkzeugkörper Löcher gebohrt werden, in die Stäbe oder ähnliches Versteifungsmaterial mit einem flüssigen Kleber bzw. Kunstharz eingeführt werden. Der Kleber verbindet das Versteifungsmaterial mit dem Werkzeugkörper.

Selbstverständlich ist auch eine Kombination aller Verstärkungsmöglichkeiten anwendbar, wobei zusätzlich die dann geringere Kompressibilität durch entsprechend verringerte Stauchungsfaktoren berücksichtigt werden kann. Wie schon oben ausgeführt, beeinflußt die Reibung zwischen Umformwerkzeug und Blech wesentlich die Standzeiten des Werkzeuges. Da das verwendete Material für den Werkzeugkörper von Haus aus eine größere Reibung aufweist, könnte sie das Fließen des Werkstücks negativ beeinflussen. Daher wird vorteilhafterweise die Oberfläche, d.h. die Umformfläche des Werkzeugs geglättet. Dies kann durch mechanische Oberflächenbearbeitung, beispielsweise durch Schmiegeln, Schleifen, Polieren oder dergleichen, geschehen. Bei einem durch Lasersintern hergestellten Werkzeug, das im Urzustand wegen des

verwendeten versinterten Pulvers eine entsprechende Körnigkeit der Oberfläche aufweist, kann diese durch ein chemisches Mittel, z.B. einem Kleber u.ä., aufgefüllt werden, die zunächst flüssig sind und dann
5 aushärten, wodurch sich die Poren der Oberfläche schließen. Auch hier kann nachträglich noch mechanisch geglättet werden.

Es ist jedoch auch sinnvoll, die Umformflächen des Werkzeuges zu versiegeln und dadurch die Oberfläche
10 zu verbessern, wobei die Versiegelung insbesondere deshalb sinnvoll ist, weil die Materialschichten des Laminierverfahrens, vor allem die Papierschichten unter dem Einfluß von Feuchtigkeit quellen können,
15 wodurch sich die Werkzeuggeometrie verändern könnte. Die "Versiegelung" kann durch Grundieren, Infiltrieren oder Lackieren oder dergleichen realisiert werden.

Schließlich ist auch eine Beschichtung der Umformfläche des Werkzeuges denkbar, bei der durch den Einsatz von Niedrigtemperaturbeschichtungsverfahren (ca. 80 bis 150 °C) eine Metaldünnschicht auf-
20 gebracht wird, wobei eine extrem glatte Oberfläche hergestellt wird und die Verschleißfestigkeit verbessert wird.
25

Das Blechumformungswerkzeug kann mit dem oben beschriebenen Verfahren als Blockwerkzeug, aber auch
30 als modulares Werkzeug hergestellt werden. Bei letzterem wird das Gesamtwerkzeug aus einzelnen Formeinsätzen und/oder -segmenten zusammengesetzt, die

mit dem oben beschriebenen Verfahren als Laminatkörper oder Sinterkörper hergestellt werden.

5 Auch ist das erfindungsgemäße Verfahren für Verbundwerkzeuge anwendbar, die aus einer formspeichernden/-abbildenden Schale besteht, die durch einen festen Hinterbau bzw. eine feste Hinterfütterung komplettiert wird. Dabei können die Kostenaufwendungen dadurch reduziert werden, daß die formspeichernde
10 Werkzeugschale, die wirklichen, umzuformenden Blechteile aufweist, mittels Laminier- bzw. Sinterverfahren hergestellt wird, während der dahinterliegende Werkzeuggrundkörper aus einem billigen und schnell verarbeitbaren Material geformt wird. Hier scheinen
15 sich insbesondere Metallschäume, beispielsweise Aluminium-Granulat mit einem flüssigen Binder, der nach ca. 1 Tag aushärtet, sowie sogenannter Polymerbeton, ein spezielles Baustoffgranulat mit einem flüssigen Binder, der auch ca. 1 Tag für die
20 Aushärtung benötigt, anzubieten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Blechumformungswerkzeugen, bei dem ausgehend von einem
5 dreidimensionalen Volumenmodell des Blechumformungswerkzeuges die dreidimensionalen Koordinaten der Modelloberfläche erzeugt werden, das Volumenmodell in Schichten zerlegt wird und für die Volumenelemente unter Verwendung der drei-
10 dimensionalen Koordinaten der Modelloberfläche die jeweiligen Konturkoordinaten bestimmt werden, wobei entweder Schichten aus Papier und/oder Kunststofffolien nacheinander übereinander
15 geklebt und jeweils die den Volumenelementen entsprechenden Schichten mittels eines Schneidwerkzeuges geschnitten werden oder Kunststoffpulver entsprechend den Volumenelementen
schichtweise gleichmäßig verteilt in einen Arbeitsraum gefüllt wird und durch einen über die
20 Kunststoffpulverschicht geführten Laserstrahl versintert und mit der vorhergehenden versinterten Schicht verbunden wird und wobei das Schneidwerkzeug oder der Laserstrahl zum Versintern von den den jeweiligen Volumenelementen
25 zugeordneten Konturkoordinaten gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Schneidwerkzeug ein von einem gesteuerten Laser ausgesandter Laserstrahl ist.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl zum Versintern über die gesamte Oberfläche der jeweiligen Kunststoffpul-

verschicht innerhalb der Konturen der Volumenelemente geführt wird.

- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß die Modelldaten des
dreidimensionalen Volumenmodells durch
dreidimensionale CAD-Modellierung des Blechum-
formungswerkzeuges erzeugt werden.
- 10 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß die Modelldaten des
dreidimensionalen Volumenmodells durch eine
dreidimensionale CAD-Modellierung des mit dem
Blechumformungswerkzeug herzustellenden Blechum-
15 formteils und nachfolgende Generierung der
dreidimensionalen Werkzeugmodelldaten erzeugt
werden.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5
dadurch gekennzeichnet, daß die Modelldaten des
dreidimensionalen Volumenmodells durch Abtasten,
Vermessen und/oder Scannen eines vorhandenen
Werkzeugkörpermodells oder Blechumformteil-Kör-
permodells und nachfolgende dreidimensionale
25 CAD-Modelldatenaufbereitung erzeugt werden.
- 30 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen
Papier- bzw. die Kunststoffolienschichten ein-
seitig mit einer Kleberschicht beschichtet sind.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststofffolien faserverstärkt, insbesondere glasfaserverstärkte Epoxidfolien sind.
- 5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Kunststoffpulver ein polyamidenthaltendes Pulver verwendet wird.
- 10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei der geometrischen Bestimmung der Koordinatendaten des dreidimensionalen Modells und/oder der Vielzahl von Querschnittsdaten die Kompressibilität des fertigen Werkzeuges bei verschiedenen Belastungssituationen berücksichtigt wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug durch Tränken und/oder Infiltrieren mit oder anderweitige Einbringung von aushärtenden chemischen Substanzen und/oder durch Einbringen von Ar-
mierungen verfestigt und/oder versteift wird.
- 20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche des Blechumformungswerkzeuges durch Schleifen, Schmiergeln, Polieren oder sonstige Oberflächenbearbeitung geglättet wird.
- 25 30 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche des Blechumformungswerkzeuges durch Grundieren, In-

filtrieren, Lackieren und/oder dergleichen versiegelt oder durch Auffüllung mit einem chemischen, aushärtenden Mittel zum Schließen der Poren geglättet wird.

5

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche mit einer Metалldünnschicht beschichtet wird.

10

15. Blechumformungswerkzeug mit einem Oberwerkzeug und einem Unterwerkzeug, dadurch gekennzeichnet, daß das Oberwerkzeug und/oder das Unterwerkzeug zumindest teilweise aus laminierten Papierschichten, laminierten Kunststoffolien oder aus lasergesinterten polyamidenthaltenden Pulverpartikeln bestehen.

15

20

16. Blechumformungswerkzeug nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Oberwerkzeug und/oder das Unterwerkzeug als Blockwerkzeug, Modularwerkzeug und/oder als Verbundwerkzeug ausgebildet sind.

25

17. Blechumformungswerkzeug nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächen des Ober- und/oder Unterwerkzeuges geglättet und/oder versiegelt und/oder verfüllt sind.

30

18. Blechumformungswerkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächen des Ober- und/oder Unterwerkzeuges mit einer Metallbeschichtung versehen sind.

19. Blechumformungswerkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Ober- und/oder Unterwerkzeug mit Kunstharzen verfestigt sind.
- 5
20. Blechumformungswerkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß in das Ober- und/oder Unterwerkzeug Armierungen eingebracht oder eingezogen sind, die mit den
- 10 Papierschichten oder Kunststofffolien oder gesinterten Kunststoffpartikeln durch einen Kleber oder Kunstharz verbunden sind.
21. Blechumformungswerkzeug nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbundwerkzeug aus einer formspeichernden Schale aus laminierten Papierschichten, laminierten Kunststofffolien oder Kunststoffpartikeln und einem festen Hinterbau, vorzugsweise aus
- 15
- 20 Metallschäumen oder Polymerbeton zusammengesetzt ist.